

PAT-NO: JP401239821A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 01239821 A

TITLE: MAGNETIC MULTILAYERED FILM AND MANUFACTURE THEREOF

PUBN-DATE: September 25, 1989

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

NAGAI, YASUHIRO

SENDA, MASAKATSU

YANAGISAWA, KEIICHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

N/A

APPL-NO: JP63066861

APPL-DATE: March 18, 1988

INT-CL (IPC): H01F010/10, H01F041/14

US-CL-CURRENT: 204/192.11 / 428/693

ABSTRACT:

PURPOSE: To obtain a magnetic multilayered film having high Bs, preferably soft magnetic characteristics and no peeling from a substrate by alternately laminating Fe layers and layers made of one of Ni, Co and FeCo on the substrate, and forming alloy layers by thermal diffusion on the boundaries of the laminated layers.

CONSTITUTION: Fe layers 7 and layers 8 made of one type of Ni, Co and FeCo are alternately laminated on a board 10, and alloy layers 9 by thermal diffusion are formed on the boundaries of the laminated layers. The Fe layers and the layers made of one type of the Ni, Co and FeCo are alternately laminated on a substrate 4 heated to at least 100 to less than 400°C to manufacture a magnetic multilayer film. For example, a target 1 is irradiated with rare gas ions generated from an ion source 6 by a device using an ion beam sputtering method, and the Fe layer is deposited on the board 3 by means of sputtering. Then, the target is rotated, irradiated with the ions, an Ni or Co film is super posed to be deposited on the board. Such a sequence is repeated to form the magnetic multilayered film.

COPYRIGHT: (C)1989,JPO&Japio

⑫ 公開特許公報(A)

平1-239821

⑤ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

④ 公開 平成1年(1989)9月25日

H 01 F 10/10
41/147354-5E
7354-5E

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全7頁)

⑬ 発明の名称 磁性多層膜およびその製造方法

⑭ 特 願 昭63-66861

⑮ 出 願 昭63(1988)3月18日

特許法第30条第1項適用 昭和62年11月24日 社団法人電子情報通信学会発行の電子情報通信学会技術研究報告書に発表

⑯ 発 明 者 永 井 靖 浩 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑰ 発 明 者 千 田 正 勝 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑱ 発 明 者 柳 沢 佳 一 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑲ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

⑳ 代 理 人 弁理士 谷 義 一

明 細 書

1. 発明の名称

磁性多層膜およびその製造方法

2. 特許請求の範囲

1) 基板上にFe層と、Ni、CoおよびFeCoのうちの一種からなる層が交互に積層され、かつ積層の境界部に熱拡散による合金層が形成されていることを特徴とする磁性多層膜。

2) 100℃以上かつ400℃未満の温度に加熱した基板上に、Fe層と、Ni、CoおよびFeCoのうちの一種からなる層を交互に積層することを特徴とする磁性多層膜の製造方法。

(以下余白)

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、磁気記録薄膜ヘッドの磁極等に適する磁性多層膜に関するものである。

(従来技術)

たとえば、磁気ファイル装置などの磁気記録密度を高くしようとする、記録媒体に保磁力(Hc)の大きい磁性材料を用いると同時に、磁気ヘッドには記録媒体を十分に磁化できる高飽和束密度(Bs)を有し、かつ記録媒体からのもれ磁束を効率よく集束するために、良好な軟磁性材料で構成されたものが必要となる。このような条件を満足するヘッドとして、現在はフォトリソグラフィ技術を応用した微細加工技術と磁性薄膜によって得られた薄膜磁気ヘッドが利用されている。このような薄膜磁気ヘッド用軟磁性薄膜には、従来、真空蒸着、スパッタ、およびメッキ法によるNiFe合金(Bs〜1テスラ)が用いられているが、1000エルステッド以上の高保磁力媒体に磁化信号を十分に

書き込むことは困難である。そのため、高Bs強磁性金属膜として、Fe膜が有望であるが、結晶磁気異方性が強く、保磁力が大きいため、そのままではヘッド用磁極として使用できない。この点を改善するために、現在Fe系合金を主体とした多層磁性体膜（たとえば特願昭61-96510号）、あるいはFe膜を主体とした人工格子膜（たとえば、特願昭62-194985号）が提案され、高Bsでかつ良好な軟磁気特性を有する磁性薄膜が提供されつつある。

（発明が解決しようとする課題）

しかし、これらの膜は、異種金属膜を積層するために、膜応力が大きく、基板からはくりしやうという欠点があり、磁性部品の実用化に際して問題がある。また、これらの多層膜構成を実現する場合、膜厚制御が容易で、磁気特性を確保しやすいスパッタ法が使用されている。しかし、従来のRFスパッタ法、DCスパッタ法では、堆積基板が放電プラズマ中に設置されるため、必要以上の基

FeCoのうちの一種からなる層を交互に積層することを特徴とする。

（作 用）

本発明による磁性多層膜は積層間に合金層を有しているので高Bsでかつ良好な軟磁気特性を有し、しかも膜はくり等のデバイス製造時の問題が生じないため、薄膜磁気ヘッドの磁極に利用した場合、高保磁力媒体の磁化信号を効率よく記録再生できるヘッドを安定に歩留りよく製造できる。

（実施例）

以下に図面を参照して本発明を詳細に説明する。

第1図は、本発明による磁性多層膜を作製するための装置の一例を示す。1はFeターゲット、2はNiあるいはCoターゲット、4は磁性多層膜を堆積させる基板であり、5は基板温度を制御するヒータ部である。6はターゲットをスパッタする

板温度上昇が生じ、多層膜の磁気特性の劣化を招きやすく、磁性部品のデバイス特性を安定化できないという問題があった。

そこで、強磁性Fe金属膜の特徴である高Bsを保持しつつ、良好な軟磁気特性を実現でき、しかも基板からはくりが生じない強磁性膜の実現が強く要望されていた。

本発明の目的はこれらの欠点を解決し、高Bsで、良好な軟磁気特性を有し、しかも基板からはくりが生じない磁性多層膜を提供することにある。

（課題を解決するための手段）

このような目的を達成するために本発明多層磁性膜は基板上にFe層と、Ni、CoおよびFeCoのうちの一種からなる層が交互に積層され、かつ積層の境界部に熱拡散による合金層が形成されていることを特徴とする。

本発明製造方法は100℃以上かつ400℃未満の温度に加熱した基板上に、Fe層と、Ni、Coおよび

ためのイオン源であり、6Aはシャッタである。

第2図は本発明による磁性多層膜を作製するための装置の他の例を示す。図において、3はSiO₂、Al₂O₃などの非磁性絶縁材料ターゲットである。

磁性多層膜堆積中の動作真空度が 1×10^{-4} Torr以下である点、また膜堆積時に、プラズマとの反応が少なく、必要以上に温度が上昇しないという点で、従来のスパッタ法より、第1図または第2図のようなイオンビームスパッタ法による装置構成が磁性多層膜の作製に適している。このような装置構成において、イオン源6で発生させたアルゴン等の希ガスイオンをターゲット1に照射させ、スパッタにより基板4にFe層を堆積させる。そののちターゲットを回転させ、ターゲット2あるいはターゲット3にイオンを照射させ、基板にNi、Coあるいは非磁性膜を重ねて堆積させる。このような手順を繰り返して磁性多層膜を形成する。なお、多層膜を構成する各層の膜厚はスパッタ時間およびイオンの電流密度により制御し、基板温

度はヒータ部5で調節する。堆積膜の均一性の面から、基板4を回転可能とするのがよい。

第3図は、上記のようにして作製した磁性多層膜の構成を示す図である。7はFe層、8はNi層(あるいはCo層)、9はNiFe層(あるいはCoFe層)、および10は基板である。これらの境界層(NiFe層あるいはCoFe層)は、膜堆積によって形成されるものでなく、堆積中の基板加熱によるFe層とNi層(あるいはCo層)との相互拡散によって形成されたものであるため、組成はゆるやかに変化しており、境界部での応力集中を避けることができる。また、基板加熱により薄膜形成時に発生しやすい内部応力を緩和させる作用があり、基板からのはくりを防止することができる。このような磁性膜を薄膜磁気ヘッドへ応用する場合、2~3 μm の総膜厚が必要であるが、基板温度を100 $^{\circ}\text{C}$ 未満とすると、膜は基板よりはくりし、デバイス微細加工は不可能であった。しかし、基板温度を100 $^{\circ}\text{C}$ 以上400 $^{\circ}\text{C}$ 未満に設定することにより、膜応力は緩和するとともに、各層の境界部に

し、周期4.7nmで磁歪ゼロが実現する。また2nmNi-10nmFeおよび2nmNi-1.5nmFeの多層膜で磁歪ゼロが実現する。一方Fe/Co多層膜ではFe膜厚の減少とともに磁歪は減少し、25nmFe-2nmCoおよび16nmFe-0.5nmCo多層膜で磁歪ゼロが実現する。

第4図は、Fe/Ni、Fe/Co磁性多層膜の B_s をFe層設定厚さの関数として示したものである。但し、Co、Ni層の設定厚さはそれぞれ、0.5nm、2nmである。Fe層を10nm以上とすることにより、1.9テスラ以上の高い B_s が得らる。特にFe/Ni多層膜では構成膜厚比を変えることにより、0.55から1.96テスラまで変えることができる。また、これらの磁性多層膜の磁化困難軸方向保磁力は、Fe/Ni、Fe/Coでそれぞれ約0.7、1.6エルステッドであり、350 $^{\circ}\text{C}$ 1時間のアニールを行うことによりそれぞれ0.3、0.8エルステッドまで減少し、より良好な軟磁気特性を示した。

第5図は、Fe/Co、Fe/CoFe磁性多層膜の困難軸方向保磁力とFe厚さの関係を示している。

相互拡散領域を形成するために、基板からの膜のはくりを防止できるようになり、薄膜磁気ヘッドのための微細加工が可能となった。基板温度を160 $^{\circ}\text{C}$ に設定した場合、この境界部の拡散層の厚さは磁歪定数の変化から見積ることができる(たとえば、J.Appl.Phys.2月15日号(1988))、FeとNiの系に対し1.0nm、FeとCoの系に対し1.2nmであり、基板温度を上昇させるに従い、その膜厚は拡大する。このような相互拡散層の存在は、多層膜全体の磁歪定数を正の値へと変化させるため、基板温度を制御することにより多層膜の磁歪を制御することが可能である。基板温度が350 $^{\circ}\text{C}$ になると多層膜の表面が粗くなり始めるがデバイス化の支障とはならない。しかし400 $^{\circ}\text{C}$ 以上の基板温度では、多層膜の結晶粒が成長し、表面粗さが増すためデバイス化は困難である。

多層膜の周期およびFe層の厚さを制御することによっても、多層膜の磁歪を制御することができる。例えばFe/Ni多層膜において、多層膜の周期(Fe膜厚+Ni膜厚)の増加とともに磁歪は減少

Fe/CoFe膜は、Fe層とCoFe層とを交互に堆積させたものであり、CoFe層の膜厚は0.5nmである。Fe/Co膜は、基板温度160 $^{\circ}\text{C}$ で、Fe層とCo層とを交互に堆積させたものであり、Co層の膜厚は0.5nmである。Fe/CoFe膜ではその境界部が急峻な組成変化をもつのにに対し、Fe/Co膜ではゆるやかな組成変化で拡散による合金層を形成している。Fe/CoFe膜の保磁力がFe層の厚さに敏感で、その値もたかだか7エルステッドであるのに対し、Fe/Co膜の保磁力はFe層の厚さに対してあまり変化せず、その最小値も1.6エルステッドと、より一層良好な軟磁性を示している。このことから、より良好な軟磁気特性を得るには、多層膜各層の境界部はゆるやかな組成変化をもった磁性多層膜がよい。それゆえ、多層膜は比較的高い基板温度の下で単金属強磁性層を堆積させ、熱拡散による合金層を境界部に形成する方法が、良好な軟磁気特性を実現できる点、応力集中を防止する点、あるいは膜応力を緩和できる点で有利である。ところで、薄膜磁気ヘッドの記録再生過程か

ら考え、記録時はギャップ長を広くとり、再生時はギャップ長を狭くする方が高記録密度磁気記録に有利であることから考え、ギャップ両側の磁性膜のBsを低くし、その他の磁極のBsを高くする磁極構成が考えられている。しかし、従来提案されている構成では、異種強磁性体のヘテロ結合を用いるため、その境界部で応力集中を起こしやすく、膜のはくり等により磁性薄膜部品の信頼性および製造歩留りを確保できない。

第6図は、本発明磁性多層膜の実施例の断面図を示す。11は、1.5 テスラ以上の高Bsを有する本発明の磁性多層膜であり、12は1.5 テスラ未満のBsを有する本発明の磁性多層膜である。13はBsの異なる多層膜の相互拡散領域であり、14は Al_2O_3 、 SiO_2 等のギャップ材料に相当する基板である。相互拡散による合金層領域のために、応力集中が生ぜず、高信頼性部品を歩留りよく製造できる。また、高Bsと低Bs多層膜は、FeとNi層（あるいは、FeとCo層）の膜厚比を変えるだけでよく、多層膜11および12は基本的には異種材料で

磁性多層膜は、低いBsから高いBsまで構成膜厚比を変えることにより、Bsを任意に変化させることができ、薄膜磁気ヘッドに適した良好な軟磁気特性を実現でき、しかも各層の境界部に組成のゆるやかに変化した熱拡散による合金層を形成しているために、膜のはくりのない多層膜を実現できる。それゆえ、高性能でかつ高信頼性の薄膜磁性部品を歩留りよく製造できる。また、多層膜を構成する層の膜厚比を変えて作製した1.5 テスラ以上のBsを有する多層膜と、1.5 テスラ未満のBsを有する多層膜とを積層することにより、接合境界部に応力集中しない磁性多層膜が安定に実現でき、磁化信号記録および再生いずれにも適した薄膜磁気ヘッドの磁極用軟磁性多層膜が製造歩留りよく作成できる。さらに、本発明による磁性多層膜を SiO_2 、 Al_2O_3 、および Si_3N_4 などの非磁性絶縁膜で挟んだ構造の多層膜は、その絶縁膜の膜厚を2nm以上0.2 μm 未満とすることによって、磁極部の磁区構造を単磁区化することができ、高トラック密度信号を記録再生できる薄膜磁気ヘッドを

はないため、軟磁気特性の劣化は生じない等の点で、有利である。

一方、薄膜磁気ヘッドのトラック密度特性を改善するためには、再生効率に大きな影響を及ぼす磁極の磁区構造を単磁区化することが必要である。これには、磁極用軟磁性膜を SiO_2 、 Al_2O_3 等非磁性絶縁膜で挟むことによって、上下膜間に静磁結合を有した構造が有利である。第7図に本発明による磁性多層膜を非磁性絶縁膜で挟んで構成した実施例を示す。15は本発明による磁性多層膜であり、16は SiO_2 、 Al_2O_3 、 Si_3N_4 などの非磁性絶縁膜である。17は基板である。この非磁性絶縁膜の膜厚を変え、磁区構造の変化を調べた結果、2nm未満ではピンボールを介した強磁性結合のために、安定した単磁区構造が得られなかった。一方、0.2 μm 以上でも静磁結合が不十分であり、磁極部に不安定な磁区が出現した。しかし、2nm以上0.2 μm 未満の膜厚を有した構成では、完全な単磁区構造が得られた。

以上の結果から明らかなように、本発明による

実現できる。

(発明の効果)

以上説明したように、本発明による磁性多層膜は、高Bsでかつ良好な軟磁気特性を有し、しかも膜のはくり等のデバイス製造時の問題が生じないため、薄膜磁気ヘッドの磁極に利用した場合、高保磁力媒体の磁化信号を効率よく記録再生できるヘッドを安定に歩留りよく製造できるという利点がある。また、本発明によるBsの異なった磁性多層膜を積層することにより、磁化信号記録、および再生いずれにも適したより高性能な薄膜磁気ヘッドが歩留りよく製造できるという利点がある。さらに、本発明による磁性多層膜を SiO_2 、 Al_2O_3 、 Si_3N_4 等の非磁性絶縁膜で挟む構造の多層磁性膜は、磁極部の磁区構造を単磁極化できるために、よりトラック密度の高い磁化信号を記録再生する薄膜磁気ヘッドを実現できるという利点がある。

4. 図面の簡単な説明

第1図および第2図はそれぞれ本発明による磁性多層膜を製造するイオンビームスパッタ装置の模式図、

第3図は本発明による磁性多層膜の実施例の断面図、

第4図はFe/Ni およびFe/Co 磁性多層膜におけるBsとFe層膜厚の関係を示す特性図、

第5図はFe/Ni およびFe/Co 磁性多層膜における保磁力とFe層膜厚の関係を示す特性図、

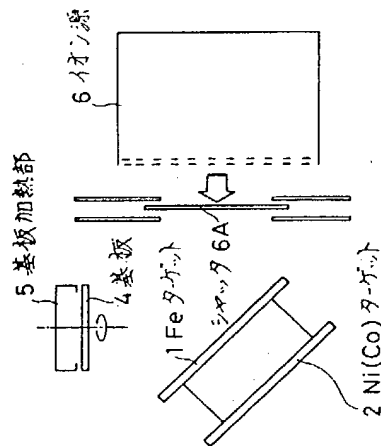
第6図および第7図はそれぞれ本発明による磁性多層膜の実施例の断面図である。

- 1 … Feターゲット、
- 2 … NiあるいはCoターゲット、
- 3 … 非磁性絶縁ターゲット、
- 4 … 基板、
- 5 … 基板加熱部、
- 6 … イオン源、
- 7 … Fe層、

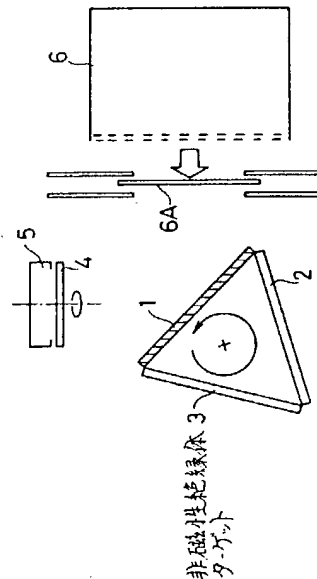
- 8 … Ni層あるいはCo層、
- 9 … NiFeあるいはCoFe層、
- 10 … 基板、
- 11 … 高Bsを有する磁性多層膜、
- 12 … 1.5 テスラ未満の磁性多層膜、
- 13 … 熱拡散による合金層、
- 14 … 基板、
- 15 … 磁性多層膜、
- 16 … 非磁性絶縁層、
- 17 … 基板。

特許出願人 日本電信電話株式会社

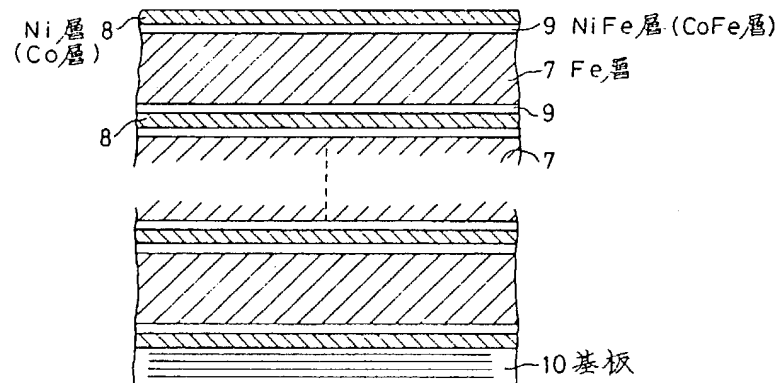
代理人 弁理士 谷 義 一



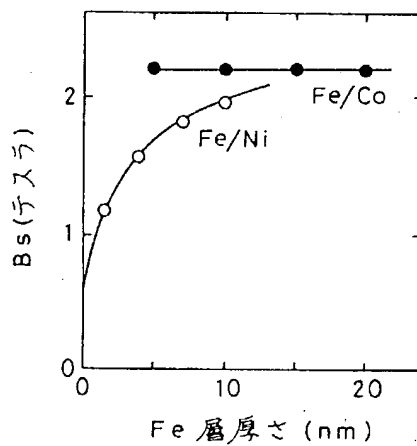
第1図
本発明による磁性多層膜を製造するイオンビームスパッタ装置の一例の模式図



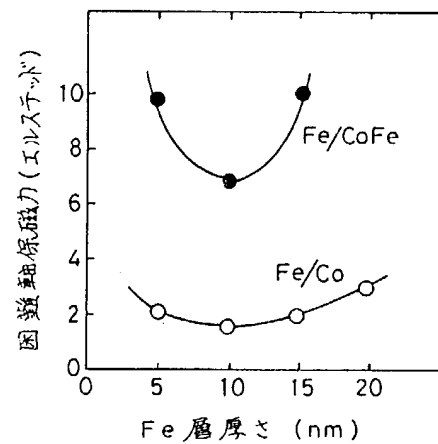
第2図
本発明による磁性多層膜を製造するイオンビームスパッタ装置の他の模式図



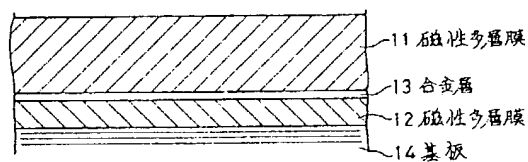
本発明による磁性多層膜の構成を示す断面図
第3図



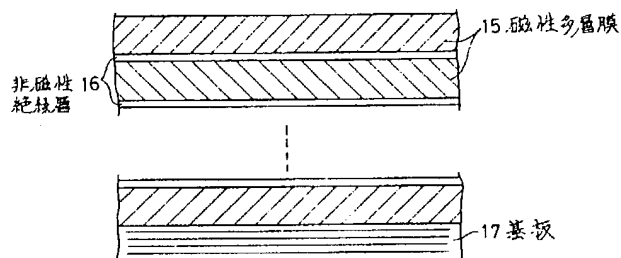
BsとFe層厚さとの関係を示す特性図
第4図



保磁力とFe層厚さとの関係を示す特性図
第5図



本発明磁性多層膜の実施例の断面図
第 6 図



本発明磁性多層膜の実施例の断面図
第 7 図